



30.8.2010

J. Kubias

2

Ekologizace zdroje vytápění v nemocnici Jičín		ing. Jaroslav Kubias Jižní 792, 500 03 HK tel. 495408563	
Investor:	Královéhradecký kraj, HK	Projektant: ing. J. Kubias	
Objekt:	SO 100-Kotelna	Datum: srpen 2010	IČO 104 72 789
Výkres:	Statický výpočet	Měřítko:	Pol. F.1.2.4

Předmět

Statického výpočtu je návrh a posouzení konstrukčních prvků v kotelně nemocnice Jičín.

Výpočet je proveden ve shodě s platnými normami EU

Závěšený podhled

Yadrokartonový podhled: je zavěšen na nových nosnících. Konstrukce podhledu je nepochozbná. Uprostřed rozpětí nosníku je nad podhledem pochozbná lávka.

Vlastní hmotnost podhledu  UW 75 (d. 0,6)

UW 75 : $g_k = 2 \text{ kg/m}$

$$g_k = 2 \cdot 0,02 + 0,06 \cdot 0,5 + 0,12 = 0,19 \approx 0,2 \text{ kN/m}^2$$

závěsy + rezerva $0,3 \text{ kN/m}^2$

celkem zatížení od podhledu $0,5 \text{ kN/m}^2$

nosníky $\bar{a} = 3,35 \text{ m}$ $g_{k, \text{podhled}} = 1,68 \text{ kN/m}$

Pochozbná lávka

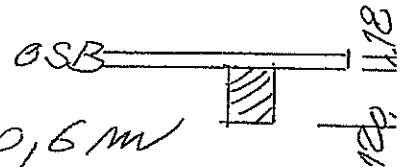
Šířka $b = 0,9 \text{ m}$, trámkový $\bar{a} = 0,6 \text{ m}$

nahodilé zatížení $p_0 = 0,75 \text{ kN/m}^2$

$$g_k = 0,5 \cdot 0,13 (\text{OSB}) + 0,07 \cdot (11) + 0,08 \cdot (7) = 0,22 \text{ kN/m}$$

$$p_k = 0,45 \cdot 0,75 = 0,34 \text{ kN/m}$$

$$q_{sd} = 1,5 \cdot 0,34 + 1,35 \cdot 0,22 = 0,87 \text{ kN/m}$$



2

lano 80/120 $l = 3,35 \text{ m}$ $M_{sd} = 1,22 \text{ kNm}$

Řezivo C22 $f_{md} = 13 \text{ MPa}$ $M_{Rd} = 2,5 \text{ kNm}$

Zatížení KD, třída rychlosti 2; $k_{def} = 0$

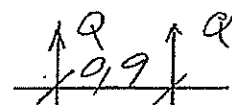
stále - 4 - $k_{def} = 0,8$

$E_{mean} = 10000 \text{ MPa}$ $I = 80 \cdot 120^3 / 12 = 11,52 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

$$\sigma_{limit} = \frac{5 \cdot 1 \cdot 3350^3}{384 E I} = 14,24 \text{ mm} \quad (= l / 390)$$

$$\sigma_{res} = (0,13 \cdot 1,8 + 0,37 \cdot 1,0) \cdot \sigma_{limit} = 8,6 \text{ mm}$$

Zatížení nosníku od lávky



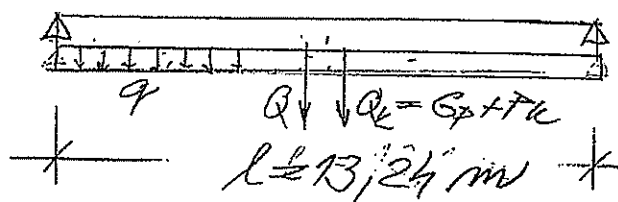
$$P_k = 0,38 \cdot 3,35 = 1,27 \text{ kN} \quad Q_{sd} = 3,08 \text{ kN}$$

$$G_k = 0,22 \cdot 3,35 + 0,13 \cdot (1,8 + 0,8) = 0,87 \text{ kN}$$

Přehradový nosník

Předběžný návrh

Vlastní hmotnost nosníku
(odhad) $g_0 \approx 0,5 \text{ kN/m}$



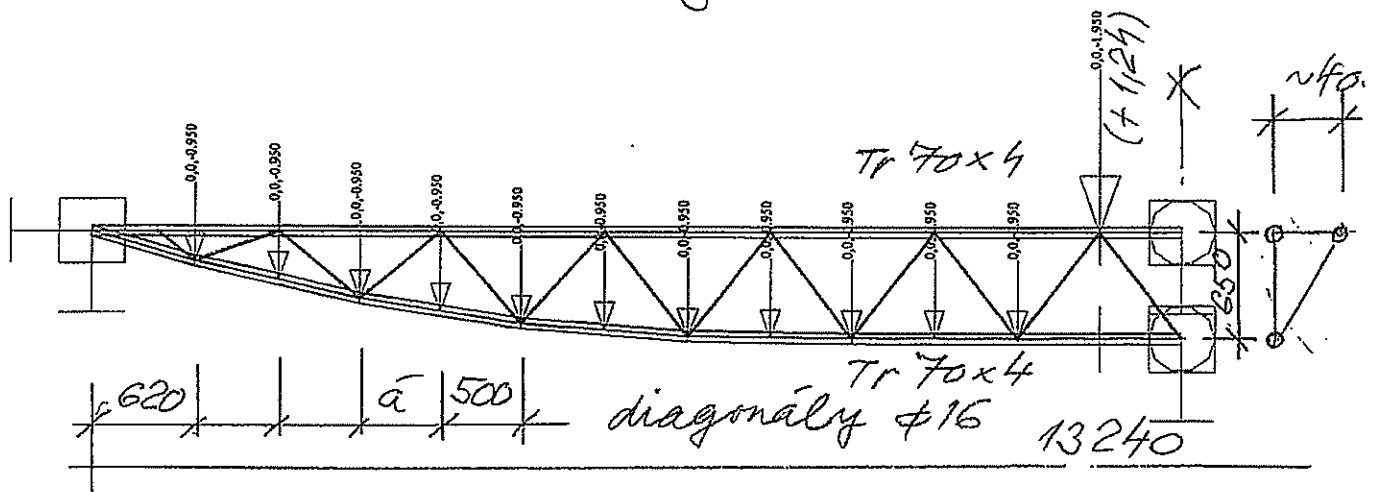
$$q_k = q_k + g_0 = 1,68 + 0,5 \approx 2,2 \text{ kN/m} \quad q_{sd} \approx 3,0 \text{ kN/m}$$

Předběžný návrh nosníku: $h_{eff} = 0,65 \text{ m}$

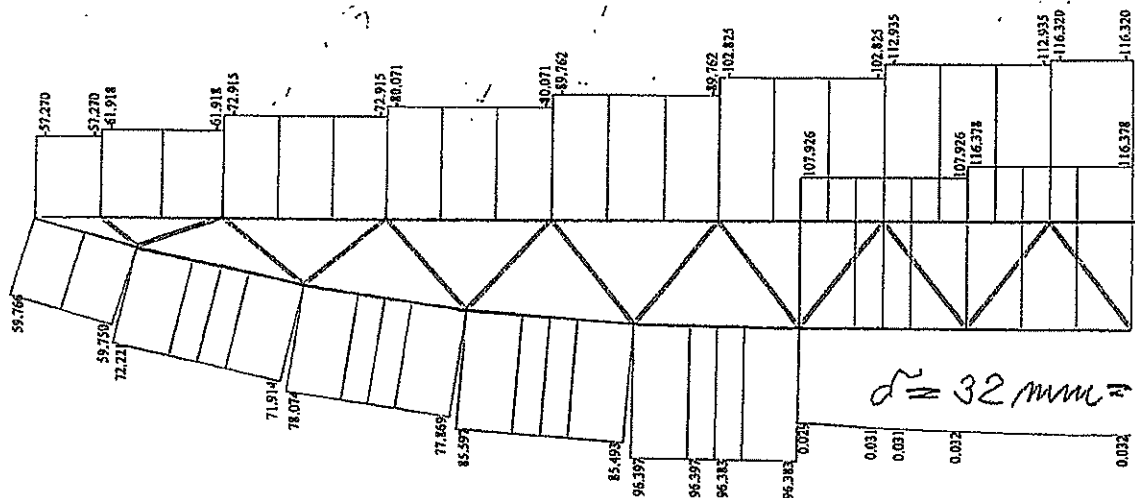
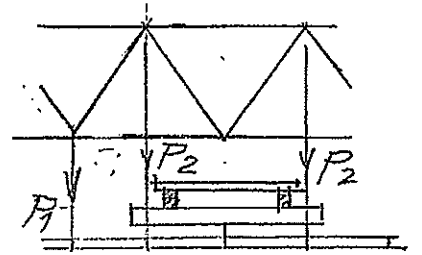
$$M_{sd} = 9,125 \cdot 3 \cdot 13,24^2 + 3,08 \cdot 6,12 = 84,6 \text{ kNm}$$

$$R_{sd} = 0,5 \cdot 3 \cdot 13,24 + 3,08 = 22,94 \text{ kN}$$

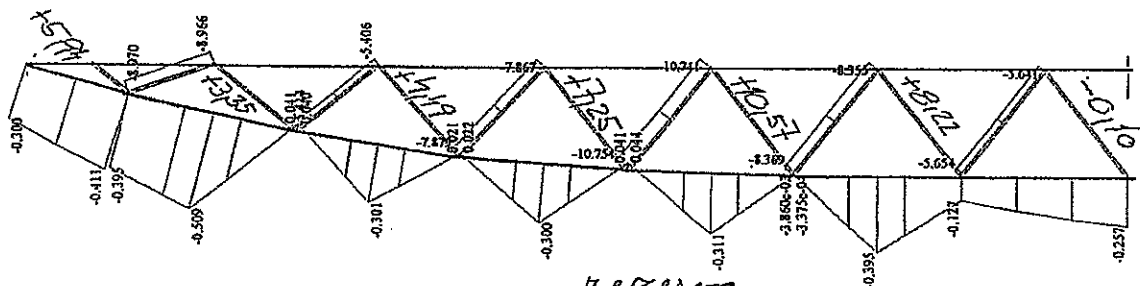
$$\text{Síla v pásnici: } N_{sd} = M_{sd} / 0,65 = 128,15 \text{ kN}$$



Vlastní hmotnost nosníků
generována programem FEAT
Stabilita horní pásnice Kajis-
teina vodorovným nosníkem



$$\delta \approx 32 \text{ mm} \approx \frac{l}{414}$$



$$P_{g1k} = 0,5(0,5; 3,35) + 0,1125 \approx 0,95 \text{ kN}$$

$$P_{2g1k} = 1,5 \cdot 0,95 + 0,87 \approx 2,3 \text{ kN}$$

$$P_{2p1k} = 1,27 \text{ kN} \quad \therefore KZS = 1,35 G_k + 1,5 P_k$$

4

Plácená pásnice Tr 70x4 $N_{sd} = -116,3 \text{ kN}$

$$A = 829 \text{ mm}^2 \quad l_{cr} = 1 \text{ m}; \quad i = 23,4 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda} = 1000 / 23,4 / 93,9 = 0,46; \quad \chi = 0,87$$

$$N_{Rd} = 0,87 A \cdot 235 / 1,15 = \underline{\underline{143 \text{ kN}}} > 116,3 \text{ kN}$$

Tažená pásnice Tr 70x4 $N_{sd} = 108 \text{ kN}$
 $M_{sd} = 0,4 \text{ kNm}$

$$W_{pl} = 17,46 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rd} = 3,57 \text{ kNm} \quad N_{Rd} = A \cdot f_{yd} = 169,4 \text{ kNm}$$

$$M_{sd} / M_{Rd} + N_{sd} / N_{Rd} = 0,112 + 0,638 = \underline{\underline{0,75}} < 1$$

Plácená diag. $\phi 16$ $N_{sd} = -9 \text{ kN}$

$$A = 201 \text{ mm}^2; \quad i = 4 \text{ mm} \quad l_{cr} = 530 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda} = 530 / 4 / 93,9 = 1,41; \quad \chi = 0,35$$

$$N_{Rd} = 0,35 A \cdot f_{yd} = \underline{\underline{14,4 \text{ kN}}} > N_{sd}$$

Diaga $\phi 18$ $N_{sd} = -10,74 \text{ kN}$

$$A = 254,47; \quad i = 4,5 \text{ mm} \quad l_{cr} = 780 \text{ mm}$$

$$\bar{\lambda} = 780 / 4,5 / 93,9 = 1,85; \quad \chi = 0,22$$

$$N_{Rd} = 0,22 \cdot A \cdot f_{yd} = \underline{\underline{17,44 \text{ kN}}} > N_{sd}$$

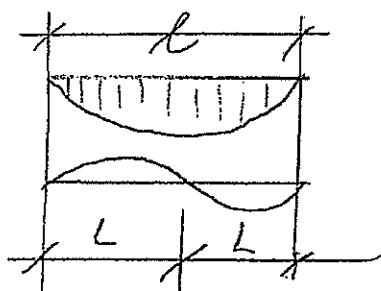
Ušpor nad kogenerací

Válcované nosníky $a = 3 \text{ m}$, zatížené pod-
hledem $(0,4 \text{ kN/m}^2)$; $l_0 = 8,45 \text{ m}$

$l = 8,7 \text{ m}$; klopení kajistěno uprostřed

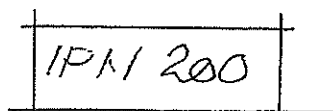
$$q_k = 0,4 \cdot 3 + 0,3 = 1,5 \text{ kN/m} \quad q_{fd} = 2,03 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = 0,125 \cdot 2,03 \cdot 8,7^2 = 19,2 \text{ kNm}$$



$$k = k_u = 1 \quad C_1 = 1,132; \quad C_2 = 0,459$$

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{L^2} \left\{ \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 G J_t}{E I_z}} + (C_2 z_g)^2 \right\} - C_2 z_g$$



$$z_g = -100$$

$$M_{cr} = 139,95 \text{ kNm}$$

$$W_{pl} = 250 \text{ cm}^3$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{M_{cr}} = 0,365 \rightarrow \chi_{LT} = 0,91$$

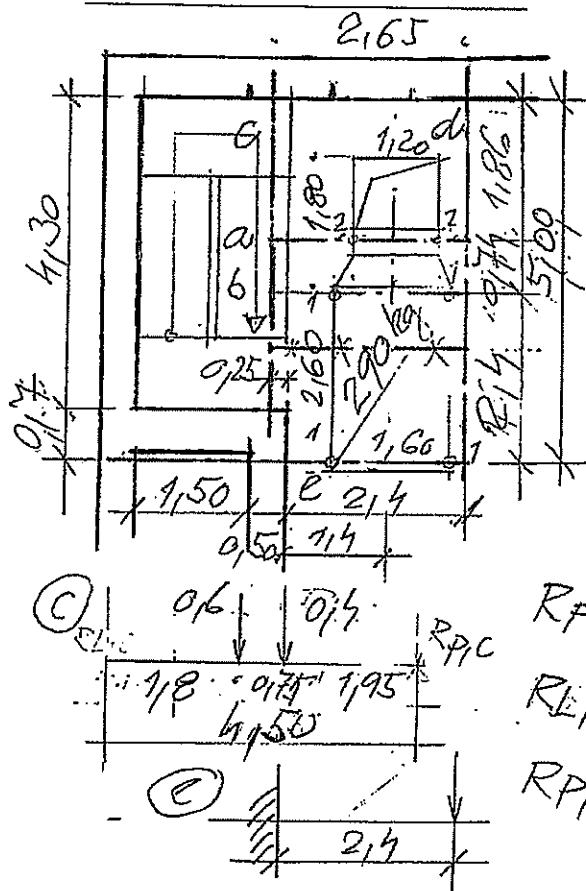
$$M_{Rd} = 0,91 \cdot W_{pl} \cdot f_y = 46,5 \text{ kNm} > M_{sd}$$

$$\text{IPN 180} \quad z_g = -90 \quad W_{pl} = 187 \text{ cm}^3$$

$$M_{cr} = 98,14 \text{ kNm}; \quad \bar{\lambda}_{LT} = 0,39 \quad \chi_{LT} = 0,9$$

$$M_{Rd} = 34,4 \text{ kNm} \quad \delta = 36,75 \text{ mm} = \frac{t}{236}$$

Všet nakonec



$$G_2 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,8 \doteq 0,5 \text{ kN}$$

Reakce nosičů:

$$R_{L,9} = 0,38 \text{ kN} \quad R_{D,9} = 0,53 \text{ kN}$$

$$R_{L,6} = 0,57 \text{ kV} \quad R_{p,6} = 0,93 \text{ kV}$$

$$R_{L,c} = (0,4 \cdot 1,95 + 0,612,7) \cdot \sqrt{2} = 0,536.$$

$$R_{PC} = (0,4 \cdot 2,55 + 0,6 \cdot 1,80) : 1,5 = 0,97 \text{ kN}$$

$$R_{L,d} = (0,65 \cdot 1,95 + 0,95 \cdot 2,7) : 5,1 = 0,78$$

$$R_{P,d} = (0,65, 2,55 + 0,95, 1,8) : 5,1 = 0,66$$

Profil C: IPN 120 $W_{y1} = 54,7 \text{ cm}^3$ $g = 0,12 \text{ kN/m}$

$$M_{Ga} = (0,125 \cdot 0,12 \cdot 4,5^2 + 0,53 \cdot 1,8) \cdot 1,35 = 9,7 \text{ kJ/m}$$

průměrné křídlení podhledem $\approx 0,5 \text{ ka/m}$

$$M_{fd} = M_{ed} + 0,125 \cdot 0,5 \cdot 4,5^2 \cdot 7,35 = 3,0 \text{ kNm}$$

Novik d. 1890

$$M_{sd} = (0,125 \cdot 0,12 \cdot 5,11^2 + 0,75 \cdot 2,4) \cdot 1,35 = 2,93 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = W_{yel} \cdot 235 / 9,95 = 11,2 \text{ kNm} \gg 1750$$

Výhřev IPN 100; průřez $\delta = 18 \text{ mm} = \frac{5100}{283}$

Normik e IPN 120

$$R_{L,d} = 0,75 + 0,11 \cdot 2,5 = 1,03 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot 1,03 \cdot 2,45 = 3,4 \text{ kNm}$$

$$\delta = \frac{R_{L,d} \cdot 2450^3}{3 E I} = 7,33 \text{ mm (resp } 1/4 \text{ pro IPN 100)}$$

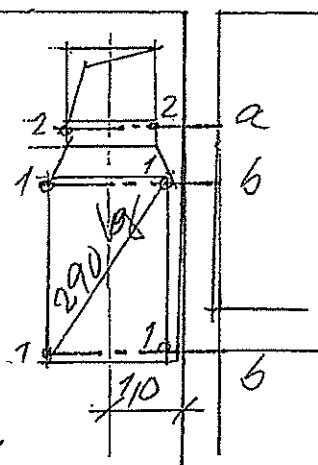
Upravo nahore

$$G_1 = 0,25 \cdot 2,9 \approx 0,75 \text{ kN}$$

$$G_2 = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,8 \approx 0,5 \text{ kN}$$

$$i_{1sd,b} = 2 \cdot 0,75 \cdot 1 = 1,5 \text{ kNm}$$

IPN 80 $M_{Rd,e} = 5,2 \text{ kNm} > M_{Ed}$

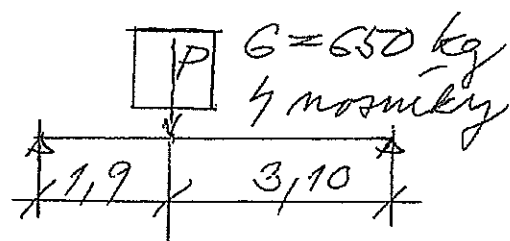


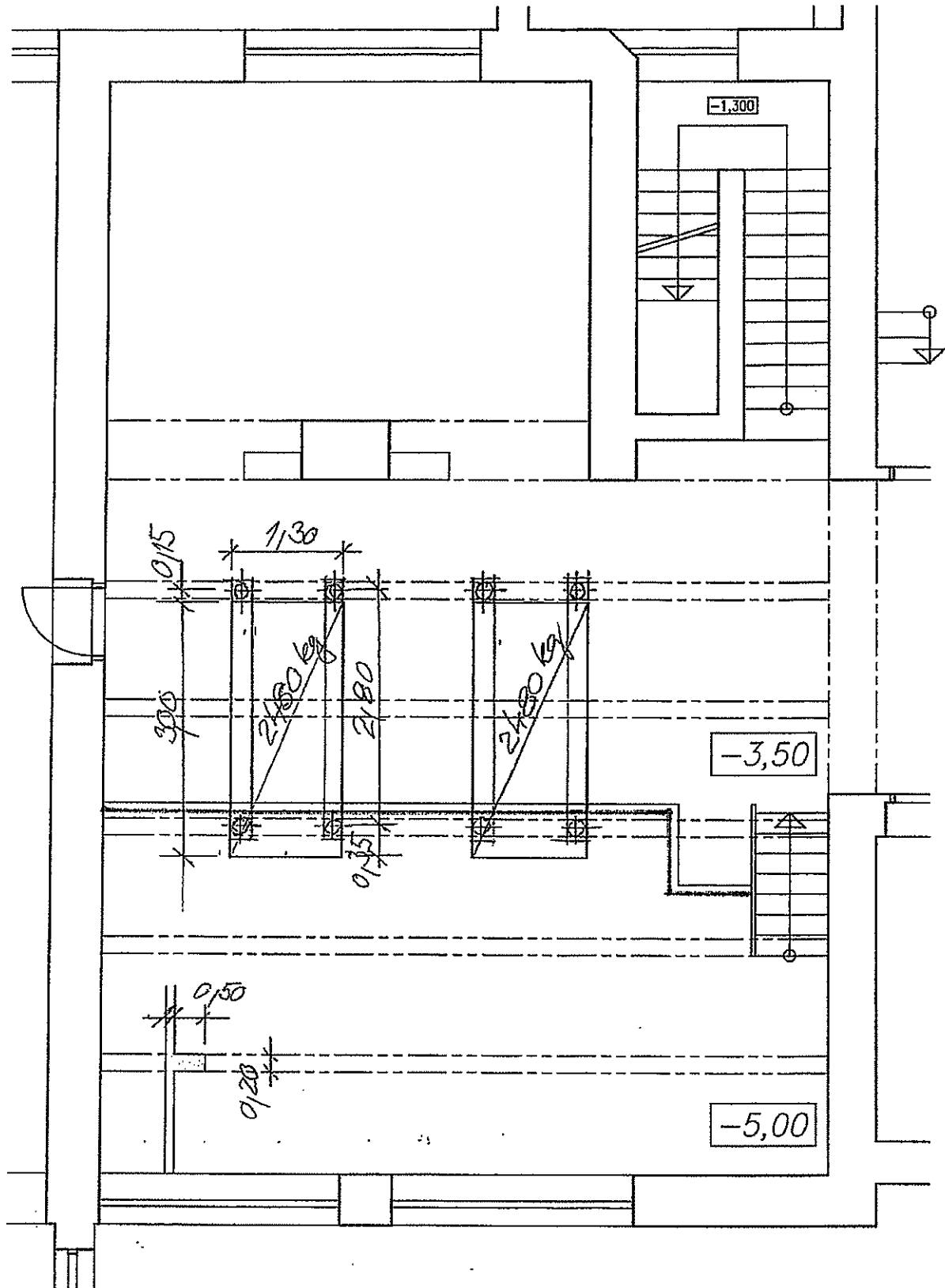
Novozvý chladicí

$$P_k \approx 650/3 = 220 \text{ kg}$$

$$M_{Ed} = (2,2 \cdot 3,1/5) \cdot 1,9 \cdot 1,35 = 3,5 \text{ kNm}$$

IPN 120 $M_{Rd,e} = 12,4 \text{ kNm} > M_{Ed}$



Strop pod kogeneračními nádrkami

Předpoklad výpočtu

Při provádění navrhového podepření nebude stávající trámový železobetonový strop zatížen. Jeho předpokládaná únosnost je nicméně dostatečná pro užitné zatížení $\geq 2,5 \text{ kN/m}^2$.

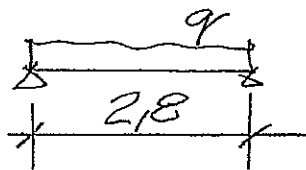
Podepření bude tedy navrženo (s jistou rezervou) pro zatížení kogenrační jednotkou a podkladní deskou tl. $0,1 \text{ m}$.

podkl. deska $1,3 \cdot 3 \cdot 0,1 \cdot 24 =$	9,4 kN
kogen jednotka	24,8 kN

celkem $G_k = 34,2 \text{ kN}$

Vzdálenost podpěr $2,8 \text{ m}$

Zatížení nosníku $g_k = 0,5 \cdot 34,2 / 2,8 = 6,11 \text{ kN/m}$



$$q_{sd} = 1,35 \cdot g_k = 8,25 \text{ kN/m}$$

$$M_{sd} = 8,1 \text{ kNm}$$

HEB 140 $g = 33,7 \text{ kg/m}$; prostor mezi průrubami vyplněn betonem $g_0 = 0,7 \text{ kN/m}$

$$g_{k, \text{cel}} = 6,11 + 0,7 = 6,81 \text{ kN/m} \quad M_{sd} = \underline{9,0 \text{ kNm}}$$

$$W_{pl} = 245,4 \text{ cm}^3 \quad M_{Rd} = 50,15 \text{ kNm} > M_{sd}$$

Průhyb $\delta \approx \frac{5 \cdot 6,81 \cdot 2800^4}{384 \cdot E \cdot I} = 1,72 \text{ mm}$; vyhoví

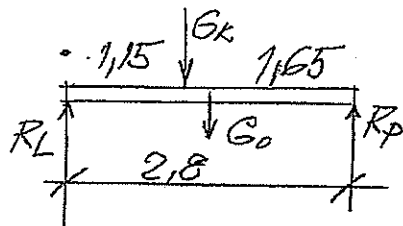
Podepření musí být aktivní od samého počátku. Při stávající podepřené trávě se provizorně podepřou uprostřed dřevěnými sloupky

a pokud možno nadrovnou. K provizorní podépným nosníkům se přišroubují ocelové sloupky. Jejich paty se podléhají expandující cementovou maltou.

Po zabetování této ráhvy se odstraní provizorní podépní nosníky i krajních trámů.

Podépní středního trámu se ještě aktivuje vyklínováním vůči nosníkům. Poté se odstraní i jeho provizorní podépní.

Zatížení ocel, sloupů



$$G_k = 17,1 \text{ kN} \quad G_o = 0,713 = 2,1 \text{ kN}$$

$$R_L = (17,1 \cdot 1,15 + 2,1 \cdot 1,4) : 2,8 = 14,13 \text{ kN}$$

$$R_p = (17,1 \cdot 1,15 + 2,1 \cdot 1,4) : 2,8 = 8,07 \text{ kN}$$

Dělsí sloup (R_L) $l = 3,97 \text{ m}$ $P_{sd} = 15,0 \text{ kN}$

Tr 127 x 5 $A = 1916 \text{ mm}^2$; $i = 43,2 \text{ mm}$

$$\bar{\lambda} = 3970 / 43,2 / 93,9 = 0,98 \rightarrow \chi = 0,55$$

$$N_{Rd} = 0,55 \cdot A \cdot f_{yd} = \underline{\underline{215,34 \text{ kN} > 15,0 \text{ kN}}}$$

Kratší sloup (R_p) $l = 2,7 \text{ m}$ $P_{sd} = 10,9 \text{ kN}$

Tr 114 x 5 $A = 1712 \text{ mm}^2$; $i = 38,6 \text{ mm}$

$$\bar{\lambda} = 2700 / 38,6 / 93,9 = 0,75 \rightarrow \chi = 0,69$$

$$N_{Rd} = 0,69 \cdot A \cdot f_{yd} = \underline{\underline{241,4 \text{ kN} > 10,9 \text{ kN}}}$$

Rezerva v únosnosti sloupů je vhodná.

Založení ocel. sloupů

Patka $1,5 \times 0,6 \times 0,25$ $G_p = 5,4 \text{ kN}$

$$N_{sd} = 1,35 (2 \cdot (11,13 + 0,7) + 5,4) = 39,23 \approx 40 \text{ kN}$$

$$\sigma_{sd} = 40 / 1,5 / 0,6 = 44,4 \text{ kPa} \quad \text{vyhoví}$$

Založení teplovodních kotlů

Zatížení od kotle se do podkladní desky tl. $0,1 \text{ m}$ přenáší na délce $3,85 \text{ m}$.

Hmotnost výstrojného kotle s vodou $G_k = 4,52 \text{ t} = 45,2 \text{ kN}$

Ukropná deska pod kotlem je podepřena zdířem, provedeným ve 3 různých obdobích.

Výška zdířa je $3,5 \text{ m}$

Zdířo v pruhu šířky $3,85 \text{ m}$ má plochu $10,33 \text{ m}^2$

Hmotnost tohoto zdířa je:

$$Q_{z,k} = 10,33 \cdot 3,5 \cdot 18,6 = 650,8 \text{ kN}$$

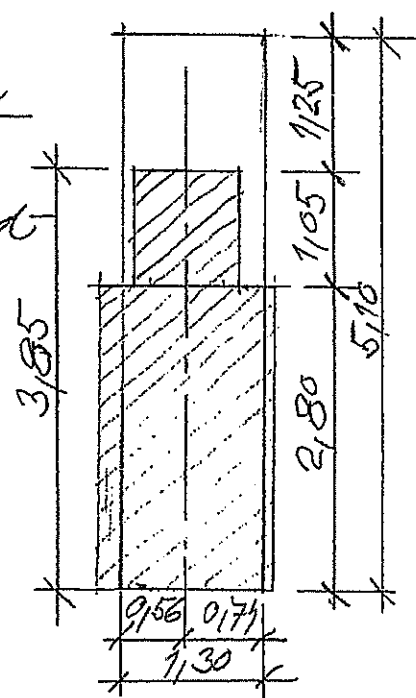
Zatížení od kotlů: $3 \times 45,2 = 135,6 \text{ kN}$

Celk. zatížení $N = 650,8 + 135,6 = 786,4 \text{ kN}$

Průměrné kontaktní napětí v kákl. spáře:

$$\sigma_{sd, \text{mean}} = 1,35 \cdot 786,4 / 10,33 / 1,1 = 93,4 \text{ kPa}$$

Napětí má přípustnou hodnotu.



12)

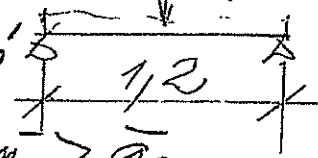
Lineární zatížení pro návrh překladačů

$$q_{sd} = 1,35 \cdot 0,5 \cdot 45,2 / 3,25 = 7,93 \text{ kN/m}'$$

$$Q = 7,93 \cdot 1,8 = 14,3 \text{ kN}$$

$$\bar{q} = 23,8 \text{ kN/m}'$$

$$\boxed{2 \text{ RZP } 3/150} \quad q_v = 2 \cdot 15,8 = 31,6 \text{ kN/m}' > \bar{q}$$



Založení parních kotlů

hmotnost vystrojeného kotle
s vodou $G_k = 44,8 \text{ kN}$

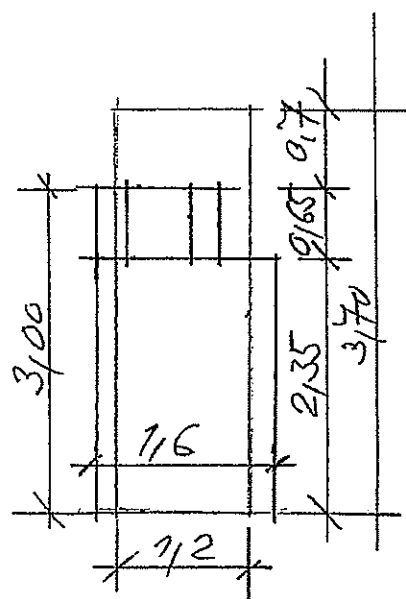
v méně příznivém případě
nese polovinu kotle kdivo o
ploše $3 \cdot 0,3 \cdot 0,55 = 0,5 \text{ m}^2$

$$G_{z,k} = 0,5 \cdot 3,5 \cdot 18 = 31,5 \text{ kN} \quad N_k = 22,4 + 31,5 = 53,9 \text{ kN}$$

Kontaktní plocha se rákly. šaroun $(b = 0,3 + 2 \cdot 0,15,$
 $A = 3 \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 1,26 \text{ m}^2$

Kontaktní napětí v rákle, šáře

$$G_{sd} = 1,35 \cdot 53,9 / 1,26 = 57,8 \text{ kPa} - \text{vyhovuje}$$



HK 30.8.2010

J. Kulíšek